

RELACIÓN DE LAS BAJANTES Y LAS CRECIENTES DE LOS RÍOS PARANÁ Y PARAGUAY Y SU IMPACTO SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

María José Müller, Rosana Mazzón, Silvia Rafaelli

Instituto Nacional del Agua - Subgerencia Centro Regional del Litoral (INA- SCRL), Santa Fe, Argentina
E-mail: mmuller@ina.gov.ar, rmazzon@ina.gov.ar, srafaelli@ina.gov.ar

Introducción

Las bajantes y las crecientes como fenómenos hidrológicos extremos originan cambios de importancia en el ambiente natural y en las intervenciones antrópicas sobre el litoral fluvial.

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que aportan los ecosistemas a los seres humanos para realizarse en todas sus facetas, mediante servicios de abastecimiento, de regulación, culturales y de soporte. (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

De la amplia gama de impactos de los eventos hidrológicos extremos sobre los servicios ecosistémicos, el presente trabajo considera aquel relacionado con la provisión de agua potable y su infraestructura asociada.

El área de estudio se enmarca en el sistema fluvial Paraná-Paraguay que pertenece a la Cuenca del Plata y que se encuentra localizada en el sur-este del continente sudamericano, abarcando territorios de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. Se analizan datos de estaciones hidrométricas y obras de toma de agua superficial ubicadas en el litoral Argentino.

Objetivos

Relacionar las bajantes y las crecientes de los ríos Paraná y Paraguay con su impacto sobre las tomas de agua superficiales en el litoral argentino, aportando umbrales de niveles hidrométricos a considerar en su diseño estructural.

Metodología y resultados

Se realiza la caracterización hidrológica de los ríos Paraguay y Paraná en los tramos argentinos hasta Rosario, mediante un análisis exploratorio de las series históricas de niveles hidrométricos y caudales en estaciones de referencia, identificando los eventos extremos de crecidas y bajantes.

En particular se destaca el análisis en Corrientes, que cuenta con la estación 3805 de la Red Hidrológica Nacional (RHN). Se ubica aguas abajo de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay, donde aproximadamente el 75% del caudal proviene del Alto Paraná y el 25% del río Paraguay. Dispone de una serie de caudales mensuales 1904–2021 y una serie de niveles diarios 1904–2022. El caudal medio anual (período 1904–2022) es de 17239 m³/seg. El máximo absoluto corresponde al día 18/07/1983, con una altura hidrométrica de 9.81m, y el mínimo absoluto el 07/10/1944 con un valor de -0.82m.

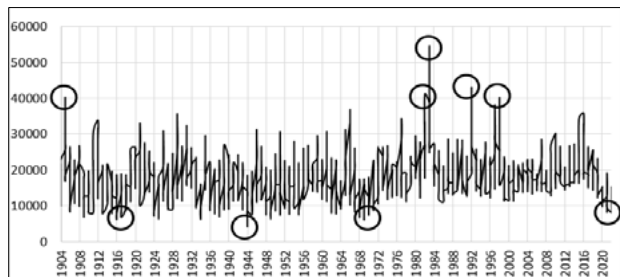


Figura 1.- Caudales medios mensuales en el Río Paraná Estación 3805 RHN - Corrientes. Serie 01/02/1904-01/07/2022

Sobre las obras de toma en la región, se dispone del relevamiento de 46 estructuras en los tramos analizados y se integra la información en un SIG incluyendo coordenadas, río y tipo de obra, entre otros. Se seleccionan 9 obras de toma y se realiza la identificación de niveles máximos y mínimos en la estación hidrométrica próxima a cada estructura. En la Figura 2 se presentan las obras de toma seleccionadas.

	Obra de Toma	Estación de referencia
A	Formosa km 218	2608 - RHN
B	Formosa km 207,8	2608 - RHN
C	Corrientes	3805 - RHN
D	Barranqueras Chaco	Prefectura Naval Argentina (PNA)
E	Reconquista Santa Fe	PNA – Hidrovía Reconquista
F	Colastiné Santa Fe	3249 - RHN
G	Hernández Santa Fe	3339 - RHN
H	Desvío Arijón SF	3252 - RHN
I	Rosario Santa Fe	PNA

Figura 2.- Obras de toma de agua superficial analizadas

En las obras de toma de Formosa, Hernández y Colastiné de Santa Fe, se dispone de datos acotados de las estructuras, los cuales son necesarios para comparar con los niveles hidrométricos de eventos extremos.

Los impactos de eventos extremos en obras de tomas de aguas superficiales son diferentes en el caso de bajantes o crecidas. En situación de bajantes, el principal impacto está relacionado con la posibilidad de captar el agua en cantidad suficiente para cubrir la demanda. Generalmente se produce una disminución en el rendimiento de las bombas que toman el agua cruda y por lo tanto se deben ampliar la capacidad de bombeo incorporando nuevas bombas. La calidad de agua puede variar por diversos factores asociados al evento extremos (salinidad, cianobacterias, sedimentos, entre otros). En situación de crecidas, los principales efectos sobre las obras de tomas pueden ser sobrepaso de las estructuras, destrucción total o parcial de captaciones, daños en estaciones de bombeo cercanas a cauces, rotura de tuberías, suspensión de energía eléctrica, corte de caminos y comunicaciones, entre otros.

Este estudio está enfocado al análisis hidrológico, poniendo énfasis en que los niveles máximos registrados no sobrepasen las estructuras de captación de las tomas (en el caso de las tomas donde se cuentan con datos de las estructuras) y que los niveles mínimos permitan captar el agua en cantidad suficiente acorde a la demanda.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos del análisis de la toma Hernández en Santa Fe. Es una estructura tipo muelle con bombas de eje vertical y se encuentra implantada sobre el Canal de Derivación Norte que descarga el escurrimiento proveniente de la Laguna Setúbal. Se cuenta con el perfil longitudinal de la obra de captación de agua con las cotas de diseño, datos brindados por la prestadora Aguas Santafesinas S.A. Para el análisis de eventos extremos en dicha toma, se considera como escala de referencia la estación 3339 de la Red Hidrológica Nacional ubicada en el puerto de la ciudad de Santa Fe. La cota del cero de escala es de 8.28m IGN. (Figura 3).

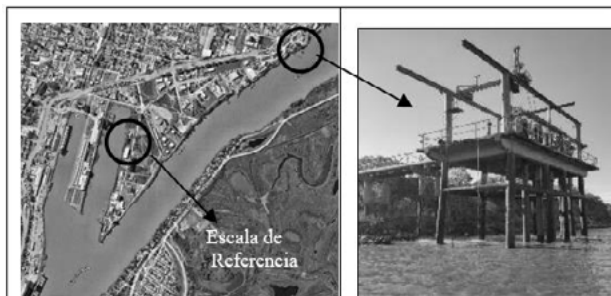


Figura 3.- Obra de Toma Hernández – Ciudad de Santa Fe

Se identifican y grafican datos diarios donde se registraron los niveles mínimos (Figura 4) y máximos (Figura 5). La mínima absoluta de -1.03m se produjo el 03/11/1944 y la máxima absoluta de 7.72m se produjo el 15/06/1905.

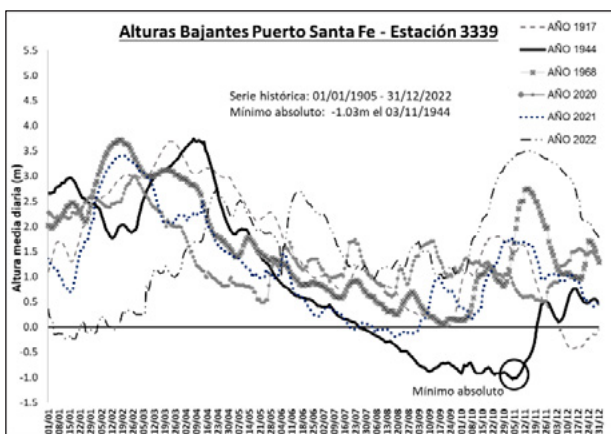


Figura 4.- Identificación de bajantes históricas en el Puerto de Santa Fe



Figura 5.- Identificación de crecidas históricas en el Puerto de Santa Fe

Del análisis de los eventos extremos expuestos surge que las obras de toma en la ciudad de Santa Fe deberían considerar en su diseño al menos el umbral de 16.00m (correspondiente a la altura máxima registrada en el 1905) para que la estructura de captación no sea sobrepasada, y una cota mínima de 7.25m

(correspondiente a la menor altura registrada en el año 1944), para asegurar el servicio de prestación de agua potable.

En 2021, en la toma Hernández se bajaron las captaciones de las bombas del muelle para adecuarlas a los niveles del río. Además, se produjo un aumento del contenido de sales debido a la influencia de la laguna Setúbal, por el aporte de los Saladillos que fue más preponderante al aporte del arroyo Leyes. (Ramonel et al., 2020).

Se realizó el mismo análisis hidrológico de eventos extremos en las tomas de Formosa y Colastiné en Santa Fe.

Conclusiones

El trabajo realizado permite contar con información de base sobre las tomas de agua superficiales en el Litoral Argentino identificando los umbrales para el diseño en función de los niveles hidrométricos alcanzados en eventos extremos en casos seleccionados. Se presentó como ejemplo el análisis para la toma Hernández en Santa Fe.

Los resultados pueden ser enriquecidos con otros estudios de interés relacionados a monitoreo de calidad de agua, evolución morfológica de las márgenes y sedimento en suspensión, entre otros, para planificar las obras y gestionar el riesgo desde la prevención.

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto Interinstitucional en Temas Estratégicos “Socioecosistema Fluvial Paraná-Paraguay: Estudio argentino en el escenario de cambios globales”.

Referencia bibliográfica

Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. Link: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

Mazzón R., Müller M.J. Rafaelli S. (2023) Impactos de Eventos Extremos sobre Obras de Tomas en la Región Litoral de Argentina. Proyecto Convenio INA - SlyPH MOP (ID 19). Informe INA-2023. Link: <https://www.ina.gov.ar/archivos/publicaciones/IF%20SCRL%20TOMAS%20DE%20AGUA%20-%20LITORAL-%20MARZO%202023%20v6.pdf>

Ramonel, C, Collins, P, Prendes, H., Serra Meng, P. (2020). Las bajantes y sus impactos. Cap. 16 del libro *El río Paraná en su tramo medio*. Tomo III. C. Paoli y M. Schreider, Editores. 2ª edición actualizada. Ediciones UNL, Santa Fe. Argentina.

ANÁLISIS OBRAS DE PASO CAÑADA CARRIZALES - MONJE

CUENCA DEL ARROYO MONJE, SANTA FE

P. Del Prete⁽¹⁾, R. Mazzón⁽¹⁾, G. Barrera⁽¹⁾, A. Spais⁽¹⁾, E. Collins⁽¹⁾
C. Scioli⁽²⁾, J. Collins⁽²⁾, M. Charlón⁽²⁾

(1) Instituto Nacional del Agua - Subgerencia Centro Regional del Litoral (INA- SCRL), Santa Fe, Argentina
(2) Ministerio de Infraestructura, Servicios Públicos y Hábitat de la provincia de Santa Fe

E-mail: delpretepablo@outlook.com, rmazzon@ina.gov.ar, spaisagustina@gmail.com, barreragerardo.g@gmail.com, sciolicarlos@gmail.com, collinsjorge@gmail.com, marielascan@hotmail.com

Introducción

La Cañada Carrizales conforma el curso principal de la cuenca del arroyo Monje, es receptora de canales que drenan los excedentes superficiales originados por cuencas de aportes laterales y luego de atravesar la AU Rosario-Santa Fe se convierte en el A° Monje que desemboca en el Río Coronda.

Las cuencas de aporte se desarrollan desde el límite oeste de la provincia (próximos a la prov. de Córdoba), esa zona presenta cañadas que luego escurren a través de canales con dirección oeste-este, atraviesan la provincia de Santa Fe, y desembocan en la C. Carrizales. Esta tiene baja pendiente y numerosas conexiones viales atraviesan su traza interceptando el escurrimiento que convierten a la zona en almacenamientos temporales durante épocas lluviosas, Figura 1. Las obras viales existentes se ejecutaron en distintas épocas y con distintos criterios ingenieriles, por lo que, durante las temporadas de excesos hídricos, varias son interrumpidas por sobrepaso del flujo.

El presente trabajo está comprendido en el Estudio Integral Hidrológico Hidráulico de la Cuenca Del Arroyo Monje – Región IV y forma parte del convenio firmado entre (INA) Instituto nacional del agua y el Ministerio de Infraestructura, Servicios Públicos y Hábitat de Santa Fe, Figura 1.

Uno de los objetivos particulares del mencionado estudio consiste en evaluar el funcionamiento hidráulico de la C. Carrizales – A° Monje y los puentes que se interponen al escurrimiento, considerando alternativas de rediseño a fin de mejorar la capacidad de descarga del sistema, para un evento de recurrencia 100 años.

Metodología

Sobre la base de la dinámica hídrica producida en el informe Plan Director de los Recursos Hídricos de la provincia de Santa Fe, Región IV, se desarrolló una revisión de la misma y se ajustaron los límites de las subcuencas de aporte al sistema de canales existentes, Figura 1.

Se considero en el análisis que las divisorias entre subcuencas no responden siempre a límites geomorfológicos definidos, sino que existen superficies de muy baja pendiente donde sus divisorias son débiles. En estos sectores se modifica la dirección del escurrimiento de acuerdo con las precipitaciones o a factores antrópicos, produciendo así, un efecto de transferencia de flujos entre las mismas.

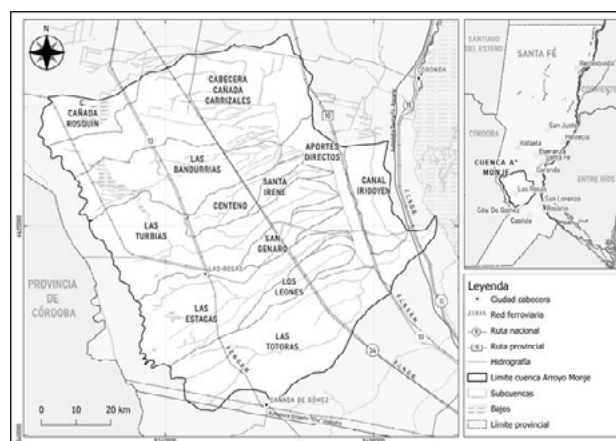


Figura 1.-Principales subcuencas Sistema Monje - Carrizales

La modelación hidrológica-hidrodinámica de la cuenca A° Monje se desarrolló utilizando los programas HEC-HMS y HEC-RAS.

El modelo hidráulico implementado es un modelo complejo, donde se incluyeron 130000 m de canales principales, más de 400 secciones transversales, 9 puentes, aportes laterales y uniones, Figura 2.

Las secciones de control seleccionadas fueron rutas y caminos transversales al curso de agua y fueron incorporadas al modelo como puentes y alcantarillas. Se detallan, desde aguas abajo hacia aguas arriba, la ruta Nac.11, autopista Santa Fe-Rosario, RP 10, RP. 65, RP 40-S, RP 41, RP 42, RP 66 y RP 80.

La condición de borde aguas arriba adoptada se corresponde con los hidrogramas estimados con el HEC-HMS para cada cuenca de aporte (Secundarios y aportes laterales), y la condición de borde aguas abajo son los niveles medios del Río Coronda.

En primer lugar, se realizó una modelación continua considerando datos pluviométricos del año 2018, obtenidos a partir de datos de las estaciones Las Rosas, Carlos Pellegrini, Oliveros y Cañada de Gómez del INTA, Figura 3. En este año se identificaron dos eventos importantes (en abril y noviembre) que generaron inconvenientes en la Autopista Rosario-Santa Fe. El caudal pico resultado de las corridas, en sección Autopista - el 16/11/2018- es de 624 m³/seg y el caudal pico aforado es de 645 m³/seg el mismo día.



Figura 2.- Esquema topológico cuenca Monje Cañada Carrizales – A° Monje

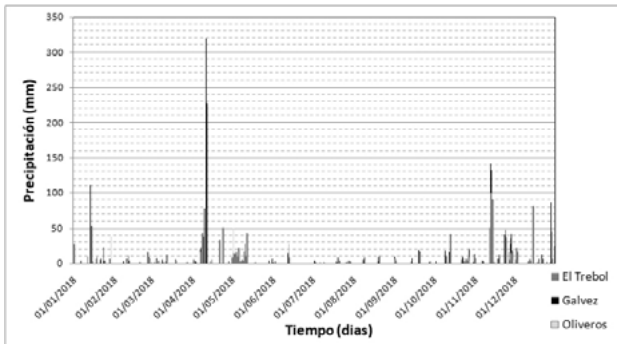


Figura 3.- Precipitaciones registradas en el año 2018.

Luego se realizaron corridas considerando el sistema actual y la tormenta de diseño TR 100 años (ESC1), la lámina promedio total es del orden de 295 mm, distribuida en cuatro días. Se consideraron condiciones de flujo no permanente.

Por último, en la etapa de explotación, se modelaron seis escenarios con diferentes alternativas de rediseño en el tramo Carrizales – Monje. A modo de ejemplo se presentan dos escenarios, el ESC2 y el ESC3.

- Segundo Esc. (ESC2): Sistema Actual Cañada Carrizales con rectificación Tramo final (tr100). Entre autopista y desembocadura adoptando una pendiente de fondo de 0.000615 m/m y ancho de rectificación de 20m, sin intervenir en mayor medida las márgenes del cauce principal. En este caso no se modificaron las secciones actuales de puentes sobre C. Carrizales
- Tercer Esc. (ESC3): Rediseño puentes autopista y Ferrocarril (FFCC)-con rectificación Tramo final (tr100). Se incrementó la luz del puente FFCC hasta igualar la apertura de la RN11, de 160 m. En la autopista se incrementó la luz del puente a 200m.

Resultados

Se presentan resultados de funcionamiento del sistema actual-evento del año 2018 y evento tr100 - y dos escenarios considerando rediseño (tr 100 años).

- Situación actual y año 2018: Se observan cortes en la calzada en secciones correspondientes a ruta NAC. N° 11, AUT. Santa Fe-Rosario, RP. N° 10, RP N° 65, RP 40-S, RP41-S, RP 66, RP 42 y RN° 80. Figura 4.

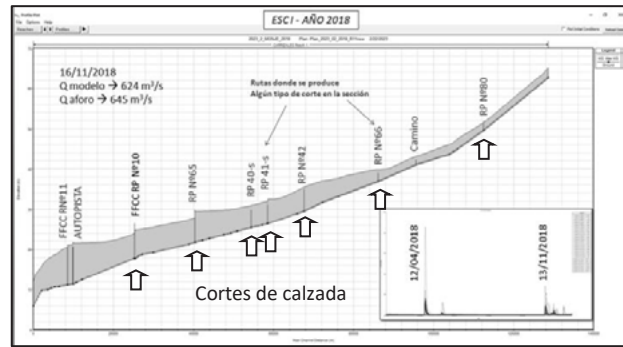


Figura 4.- Perfil longitudinal tramo Carrizales-Monje (Año 2018)

- Primer escenario (ESC1): Situación actual – tr100, se repiten los cortes de calzada del escenario anterior menos la RP 65.
- Segundo escenario (ESC2): Rectificación del tramo final. Se observa disminución de niveles de la superficie del agua en el tramo final del A. Monje, desde autopista hacia aguas abajo. Los descensos máximos son de 1.58 m, lo cual implica una reducción de ancho anegado desde 3550 m a 500 m (RECTIFICADO), Figura 5. En el tramo correspondiente a la Cañada Carrizales se repite el mismo comportamiento del sistema, reproduciendo los cortes de ruta de los escenarios anteriores.



Figura 5.- Perfil longitudinal con rectificación tramo final (tr100 Años)

- Tercer escenario (ESC3): Rediseño puentes autopista y Ferrocarril (FFCC) - con rectificación Tramo final. Disminuyen los anchos de inundación en cercanía a ambos puentes, con una reducción de 400 m en la zona aledaña al puente de autopista. Se observan, en el tramo final, descensos del orden de 0.30 m y disminución de los anchos de anegamientos. En los tramos superiores e inferiores el sistema no sufre mayores variaciones, permaneciendo con interrupciones de camino las mismas secciones que en los escenarios anteriores.

Conclusiones

La metodología descrita permitió realizar un diagnóstico del funcionamiento hidráulico de la red principal – C. Carrizales, A. Monje - y los puentes, para eventos del año 2018 y una tormenta de tr=100 años. A partir de los resultados obtenidos se plantearon y analizaron alternativas de rediseño de obras, que permiten mejorar la capacidad de descarga del sistema contemplando un manejo sustentable de los excedentes hídricos.

Referencia Bibliográfica

- Hec- Ras User's (2023) Hydrology Engineering Center's River Analysis System. Hec- Ras User's Manual, Hydraulic reference manual.